

Evaluasi Risiko yang Harus Dihadapi Vendor dalam Memenuhi Kebutuhan Permintaan Produk *Perishable* Bencana Gunung Api Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Ikhsan Prasetyo^{1*}, Andi Cakravastia Arisaputra Raja¹

¹⁾ Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10, Bandung, Jawa Barat, 40132, Indonesia

ABSTRAK

Sebagai negara yang masuk ke dalam kawasan cincin api pasifik, Indonesia menjadi salah satu negara dengan ancaman bencana gunung api yang cukup tinggi. Potensi risiko atas ancaman tersebut menjadi semakin tinggi disebabkan sekitar 40% gunung api di Indonesia ternyata tidak terpantau dengan baik. Salah satu tantangan dalam manajemen bencana adalah pengelolaan logistik bantuan bencana berupa makanan dengan masa kedaluwarsa (*perishable*). Penanganan produk *perishable* harus memastikan bahwa tidak ada produk kedaluwarsa yang digunakan. Salah satu penanganan adalah dengan mengalihkan manajerial suplai kepada pihak ketiga, khususnya vendor yang juga menangani permintaan harian. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi risiko jika sebuah vendor menerapkan kerja sama tersebut. Evaluasi dilakukan dengan simulasi Monte Carlo untuk menentukan skenario terbaik yang dapat dijalankan oleh vendor. Risiko dikuantifikasi dalam bentuk biaya, diantaranya: biaya kedaluwarsa, penyimpanan, dan kekurangan produk, baik untuk permintaan pelanggan harian maupun permintaan bantuan bencana. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan skenario 2 yaitu menerapkan asumsi bahwa bencana akan terjadi pada satu periode perencanaan merupakan skenario terbaik bagi vendor. Hal ini dapat dilihat dari total biaya yang dipertimbangkan sebagai risiko dan harus diminimasi. Dengan melakukan minimasi terhadap keempat biaya tersebut, manajemen bantuan bencana khususnya produk *perishable* seperti makanan, dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.

Kata kunci: simulasi Monte Carlo, bencana gunung api, bantuan bencana, produk *perishable*.

ABSTRACT

As a country situated within the Pacific Ring of Fire, Indonesia is one of the nations facing a significant threat from volcanic hazards. The potential risk associated with this threat is further exacerbated by the fact that approximately 40% of Indonesia's volcanoes are inadequately monitored. One of the challenges in disaster management is the logistics of perishable food aid. Handling perishable products requires ensuring that no expired products are utilized. One approach to address this issue is by outsourcing supply management to third parties, particularly vendors who also handle daily demand. This study aims to evaluate the risks if a vendor implements such a collaborative approach. The evaluation is conducted using Monte Carlo simulation to determine the best scenario that can be executed by the vendor. Risks are quantified in terms of costs, including: expiration costs, storage costs, and product shortage costs for both daily customer demand and disaster relief requirements. The analysis results indicate that implementing Scenario 2, which assumes a disaster will occur within one planning period, is the optimal scenario for the vendor. This can be observed from the total costs considered as risks that must be minimized. By minimizing these four costs, disaster relief management can be conducted effectively and efficiently, particularly for perishable products such as food.

Keywords: Monte Carlo simulation, volcanic disaster, disaster relief, perishable goods.

1. Pendahuluan

Sebagai negara yang masuk ke dalam kawasan *ring of fire* atau kawasan cincin api, Indonesia memiliki banyak gunung api. Sebanyak 127 Gunung api dengan total 77 gunung tipe A yang telah mengalami erupsi sebanyak satu kali atau lebih sejak tahun 1600 M, 29 gunung tipe B yang telah erupsi sebelum 1600 M namun masih memiliki aktivitas vulkanik, serta 21 gunung tipe C yang tidak memiliki catatan letusan namun menunjukkan aktivitas *sofataro* (Andreastuti dkk., 2019). Di Indonesia, status Gunung api diklasifikasikan ke dalam 4 status yaitu fase Normal, Siaga, Waspada dan Awas (Andreastuti dkk., 2019). Dari sekian banyaknya gunung api yang masih aktif tersebut, banyak gunung api yang tidak terpantau secara baik yaitu sekitar 40%. Menurut Tempola, Arief, &

*Email corresponding author prasetyo.ikh@gmail.com

Muhammad (2017) dalam Virkhansa, Setiawan, & Dewi (2019)), saat ini, Maret 2024, jumlah gunung api dengan status awas adalah 0, status siaga sebanyak 5 gunung, status waspada sebanyak 17 gunung, dan sisanya normal.

Dengan tingginya tingkat potensi terjadinya bencana, pengelolaan logistik sebagai upaya dalam mempercepat penanganan bencana khususnya pada masa tanggap darurat perlu dilakukan dengan proses yang efektif dan efisien. Pada fase ini, masa tanggap darurat bencana, yaitu 72 jam pertama ketika terjadi bencana (BNPB, 2013), penanganan perlu dilakukan sedini mungkin sehingga kebutuhan korban bisa segera terpenuhi dan dapat mengurangi risiko kehilangan korban tambahan pasca bencana maupun menurunnya psikis penyintas karena tidak terpenuhinya kebutuhan logistik. Kebutuhan minimum yang harus dipenuhi dalam keadaan masa tanggap darurat tersebut, sebagaimana disampaikan oleh Oktarina dkk. (2016) adalah 16 jenis barang yaitu, 1) tenda sebagai shelter darurat; 2) stok makanan (beras); 3) paket makanan siap makan; 4) paket lauk-pauk; 5) paket nutrisi tambahan; 6) alat-alat makan dan memasak; 7) kompor, bahan bakar, dan pemantik api; 8) *tool kits*; 9) perlengkapan personal; 10) perlengkapan kebersihan; 11) kebutuhan anak-anak; 12) kebutuhan untuk ibu hamil; 13) kebutuhan penghangat; 14) perlengkapan kebersihan untuk perempuan yang sedang menstruasi; 15) perlengkapan kebersihan untuk bayi baru lahir; serta 16) *family kits*. Pemilihan prioritas barang yang akan distok juga harus mempertimbangkan ketersediaan dana yang dimiliki oleh pengelola tersebut sehingga penggunaan dana bisa lebih efisien dan dapat memberikan pelayanan yang lebih maksimal.

Pengelolaan logistik kemanusiaan menjadi salah satu sektor penting yang harus menjadi perhatian, sehingga tingkat akurasi perencanaan inventori pada sektor ini menjadi sangat penting untuk diperhatikan. Sejalan dengan hal tersebut, probabilitas terjadinya bencana juga harus menjadi salah satu pertimbangan dalam perencanaan rantai suplai dan perencanaan inventori (Hamdan & Wang, 2019). Falasca dan Christopher (2011) dalam Moshtari, Altay, Heikkila, & Goncalve (2021) melaporkan bahwa sekitar 65% pengeluaran dalam proses penanganan kebencanaan yang dilakukan oleh *Non-government Organization* (NGO) penanggulangan bencana berkaitan dengan proses pengadaan, sedangkan sisanya digunakan untuk transportasi sebesar 25%, serta alokasi untuk personal dan administrasi sebesar 10%.

Di sisi lain, banyak kesulitan yang harus dihadapi, khususnya dalam memenuhi permintaan yang tidak menentu karena daerah yang terkena dampak bencana memiliki banyak jenis bantuan serta suplai yang dibutuhkan (Voyer, Dean, & Pickles, 2015). Selain itu, kejadian yang tidak dapat diprediksi dan cukup dinamis serta aspek kerentanan dari masyarakat yang berbeda-beda juga menjadi tantangan yang harus dihadapi dalam proses pengelolaan logistik kemanusiaan (Sundara & Ariningsih, 2020). Logistik kemanusiaan merupakan hal yang unik karena berbeda dengan pengelolaan logistik pada umumnya. Logistik kemanusiaan memiliki tujuan untuk mendukung pengiriman obat-obatan, air, makanan, serta shelter yang harus dipenuhi dengan segera dalam rangka mengurangi tingkat korban jiwa akibat bencana. Selain itu, yang menjadi fokus pada proses ini adalah bagaimana proses logistik kemanusiaan dapat menunjang pada kegiatan pencarian dan pertolongan, penyelamatan kehidupan, serta mengembalikan kondisi kehidupan masyarakat terdampak menjadi lebih baik pasca terjadi bencana (Daud dkk., 2016). Karakteristik kondisi yang harus dihadapi pada operasi logistik kemanusiaan juga cukup kompleks. Hal tersebut diakibatkan adanya suplai dan demand yang bersifat tidak pasti (*uncertain*), tingginya desentralisasi, serta banyaknya pihak yang terlibat yang tentunya memiliki tujuan yang berbeda-beda. Sehingga, pengalokasian sumber daya yang terbatas secara efektif dan efisien menjadi salah satu hal yang menjadi prioritas utama (Wassenhove & Martinez, 2010). Permasalahan menjadi semakin kompleks ketika logistik yang harus dikelola adalah logistik dalam bentuk produk *perishable* atau produk yang memiliki masa kedaluwarsa. Hal ini sejalan dengan yang disampaikan oleh Whybark (2007) bahwa banyak produk inventori yang digunakan untuk kebutuhan bencana adalah produk yang memiliki masa kedaluwarsa sehingga perlu dilakukan pemantauan secara harian dan harus dikeluarkan berdasarkan produk dengan masa kedaluwarsa lebih awal.

Permasalahan yang sering muncul di lapangan terkait dengan bantuan produk *perishable* adalah sering adanya produk kedaluwarsa dikirimkan ke posko. Hal ini bukan hanya akan merugikan bagi korban yang mana akan berdampak pada kesehatan dan proses pemulihan saja, akan tetapi akan mengganggu dalam manajemen inventori yang dilakukan. Pengelola harus memeriksa satu persatu produk yang ada untuk memastikan tidak ada produk kedaluwarsa yang digunakan untuk diberikan kepada pengungsi. Dengan produk bantuan yang datang berjumlah cukup banyak dan dengan variasi yang banyak, maka penyortiran harus dilakukan dalam waktu yang cukup lama. Sehingga, hal tersebut menjadikan pengelolaan menjadi tidak efisien. Produk kedaluwarsa tersebut biasanya datang dari donasi yang diberikan oleh masyarakat maupun dari produk yang telah disiapkan dan disimpan oleh lembaga penanggulangan bencana selama sebelum bencana terjadi dalam rangka mitigasi risiko bencana. Di sisi lain, jika lembaga penanggulangan bencana tidak melakukan penyimpanan pada masa pra bencana, maka potensi terjadinya kekurangan pasokan untuk korban cukup tinggi, terlebih pada masa tanggap darurat bencana. Hal demikian terjadi karena biasanya donasi hanya terjadi ketika bencana terjadi dan sering baru datang pada hari kedua dan seterusnya setelah bencana terjadi serta terjadi peningkatan harga produk akibat adanya kelangkaan suplai pada area terdampak.

Salah satu penanganan yang biasanya dilakukan adalah dengan bekerjasama dengan vendor yang memiliki kapasitas untuk menangani produk-produk perishable dengan tingkat permintaan yang cukup tinggi. Dengan demikian, pengelolaan produk *perishable* dapat lebih dimaksimalkan. Pemenuhan kebutuhan untuk keperluan kebencanaan dapat dilakukan dengan membeli dari supplier lokal, dimana hal ini dapat dilakukan untuk mendukung pengembangan ekonomi untuk jangka Panjang pada daerah terdampak (Balcik, Bozkir, & Kundakcioglu, 2016). Namun demikian, terdapat tantangan lain ketika memberdayakan pemasok lokal. Sebagaimana disampaikan oleh Moshtari dkk. (2021), pada penelitian mereka, disebutkan pengakuan dari pengurus organisasi kemanusiaan bahwa cukup sulit untuk menemukan vendor atau pemasok yang dapat memahami kebutuhan untuk beberapa persyaratan kebutuhan, khususnya ketika dilakukan saat bencana terjadi. Hal tersebut menyebabkan pengadaan menjadi memakan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, pemilihan pihak yang akan diajak kerja sama perlu dilakukan sedari awal untuk mengefisienkan dan mengefektifkan waktu. Berdasarkan dari permasalahan tersebut, penelitian ini mencoba untuk mengembangkan simulasi *Monte Carlo* untuk meminimalisir risiko yang mungkin dihadapi oleh vendor jika kerja sama ini diterapkan. Beberapa risiko yang harus dihadapi di antaranya yaitu biaya kedaluwarsa, biaya penyimpanan yang mungkin membengkak, biaya kekurangan dari permintaan pelanggan harian, serta biaya kekurangan dari permintaan kebencanaan.

Beberapa penelitian telah membahas mengenai penggunaan simulasi *Monte Carlo* dalam kegiatan logistik kemanusiaan. Banomyong & Sopadang (2010) menggunakan simulasi *Monte Carlo* untuk membantu pembuat keputusan, khususnya pada pengelolaan logistik kebencanaan pada proses perencanaan persiapan jika terjadi bencana. Namun, pada model simulasi tersebut tidak membahas bagaimana risiko jika pengelolaan dialihkan kepada pihak ketiga atau vendor. Penelitian yang menggunakan simulasi *Monte Carlo* untuk mengevaluasi risiko ketika pengelolaan inventori diserahkan kepada pihak ketiga dilakukan oleh Weraikat, Zanjani, & Lehouxh (2019). Weraikat, Zanjani, & Lehouxh (2019) mengembangkan model matematis berbasis *Vendor Managed Inventory* (VMI) untuk pengelolaan obat di suatu rumah sakit yang selanjutnya untuk mengevaluasi keputusan yang diambil, dilakukan dengan simulasi *Monte Carlo*. Model tersebut dapat memastikan bahwa produk yang digunakan mengikuti prinsip *first expired first out* (FEFO). Untuk menyelesaikan permasalahan pada pengelolaan logistik kebencanaan yang dilakukan oleh vendor, khususnya mengevaluasi risiko yang mungkin harus dihadapi oleh vendor, maka penelitian ini dilakukan dengan simulasi *Monte Carlo* yang diadopsi, dikembangkan, dan disesuaikan lebih lanjut dari penelitian Weraikat, Zanjani, & Lehouxh (2019).

Simulasi *Monte Carlo* dapat digunakan untuk mengevaluasi risiko yang terjadi ketika beberapa skenario diterapkan. Perbandingan atas risiko-risiko yang harus dihadapi oleh vendor harus dapat diperkirakan dengan baik. Di bawah kondisi ketidakpastian terjadinya bencana, setiap risiko perlu dilakukan evaluasi. Simulasi merupakan alat yang sangat *powerfull* untuk melakukan asesmen setiap kemungkinan kejadian pada kondisi kebencanaan. Hal ini menjadi sangat diperlukan bagi vendor untuk mensinkronkan antara ketidakpastian pemenuhan permintaan produk untuk bantuan bencana dengan pemenuhan permintaan konsumen harian yang berfluktuasi.

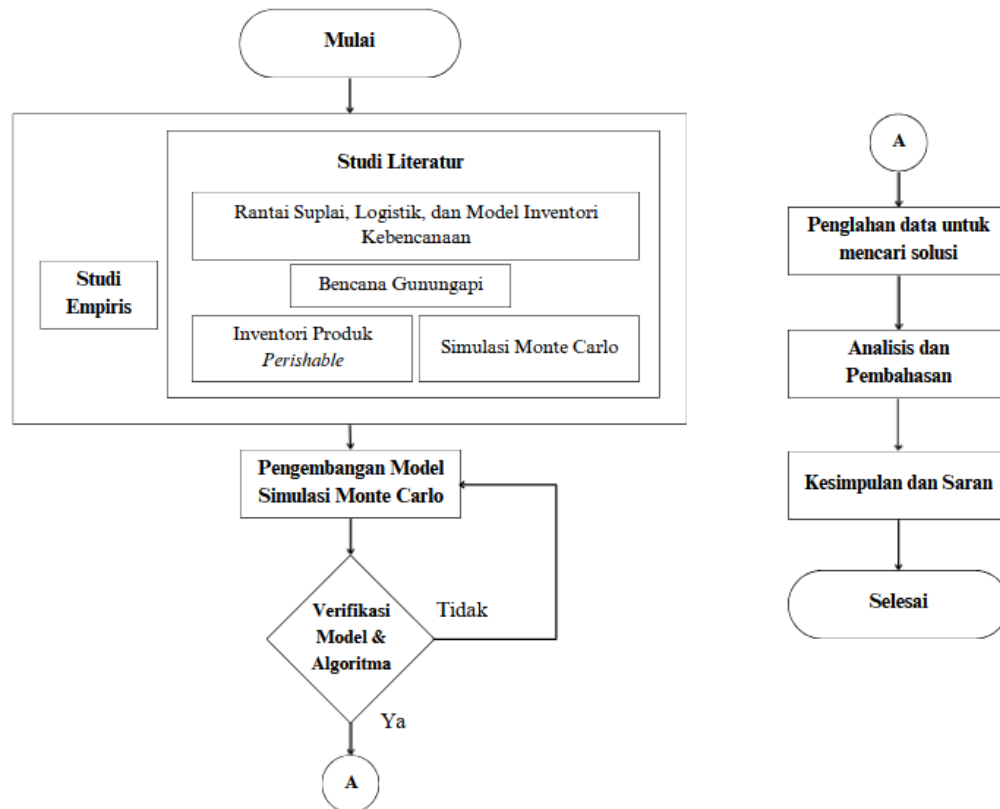
2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian untuk pemecahan masalah pada penelitian ini mengacu pada Gambar 1. Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur pada beberapa bidang studi seperti rantai suplai, logistik, dan model inventori pada bidang kebencanaan; bencana gunung api; inventori produk *perishable*, serta simulasi *Monte Carlo*. Selain itu, studi empiris juga dilakukan untuk mendapatkan gambaran permasalahan yang terjadi di lapangan. Selanjutnya, dikembangkan model simulasi yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Model simulasi yang telah dikembangkan yaitu berupa simulasi *Monte Carlo* selanjutnya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada studi kasus pada penelitian ini. Terakhir, dilakukan analisis dan pembahasan atas temuan yang ada untuk selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan dan saran.

Pada simulasi *Monte Carlo*, model simulasi dikembangkan berdasarkan model simulasi *Monte Carlo* yang telah dikembangkan oleh Weraikat, Zanjani, & Lehouxh (2019). Perbedaan dengan simulasi pada penelitian ini adalah dengan menambahkan parameter probabilitas kejadian bencana R_t yang artinya "Response", yaitu kondisi dimana pada periode t terjadi bencana. Dengan demikian, maka vendor harus mengirimkan produk ke pengelola bantuan bencana. Model dari proses simulasi pada penelitian ini sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.

Selanjutnya, akan dibangkitkan dua skenario yaitu sepanjang masa perencanaan terjadi bencana ($R = 1$) dan sepanjang masa perencanaan tidak terjadi bencana ($R = 0$). Skenario pertama ($R = 1$) mengasumsikan bahwa pengambil kebijakan, dalam hal ini adalah vendor, akan merencanakan bahwa selama masa perencanaan dengan periode yang terbatas tersebut pasti akan terjadi bencana. Dengan demikian, pengadaan yang dilakukan oleh vendor dilakukan dengan jumlah menyesuaikan dengan kebutuhan permintaan pelanggan harian ditambah dengan kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan bantuan bencana. Artinya, vendor optimis bahwa selama masa periode perencanaan pasti akan terjadi bencana. Sedangkan, skenario kedua ($R = 0$), merupakan skenario dimana vendor akan merencanakan pengadaan persediaan dengan asumsi bahwa sepanjang periode perencanaan bencana gunung

api tidak akan terjadi. Dengan demikian, pengadaan yang dilakukan oleh vendor hanya mempertimbangkan total permintaan pelanggan harian ditambah dengan jumlah inventori untuk jaga-jaga saja yang mana jumlah tersebut akan diputuskan sesuai kesepakatan dengan pihak organisasi penanggulangan bencana. Dari kedua skenario tersebut, selanjutnya akan dilakukan simulasi Monte Carlo dengan beberapa variat random untuk melihat bagaimana perubahan yang terjadi terhadap risiko yang harus ditanggung oleh vendor untuk setiap skenario. Risiko dikuantifikasi dalam bentuk biaya yang menyangkut empat aspek yaitu biaya kedaluwarsa produk, biaya penyimpanan produk, biaya kekurangan akibat dari tidak dapat terpenuhinya permintaan pelanggan harian, serta biaya kekurangan akibat tidak dapat terpenuhinya permintaan untuk bantuan bencana.



Gambar 1. Diagram alir pemecahan masalah

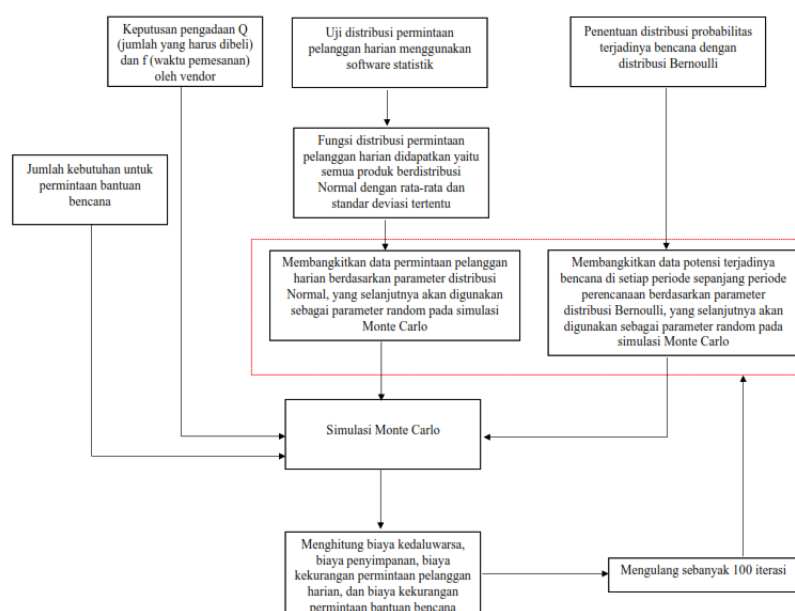
Data pada penelitian ini didapatkan dari salah satu Vendor yang ada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Vendor ini dipilih karena letaknya cukup strategis serta berada di daerah sekitar kawasan yang berpotensi terdampak bencana gunung api. Selain itu, informasi mengenai data kebutuhan produk *perishable* untuk korban bencana ditentukan sejumlah 4 produk dan jenisnya ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Sosial Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2013 tentang Bantuan Sosial bagi Korban Bencana serta Dokumen Rencana Kontingensi Erupsi Gunung Api Merapi Adaptasi Terhadap Protokol Kesehatan Covid-19 Tahun 2021. Pada penelitian ini, panjang simulasi perencanaan adalah 13 minggu. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak Python 3.10.4 yang diaplikasikan pada perangkat computer dengan spesifikasi:

Processor : Intel(R) Core(TM) i7-8750H CPU @ 2.20GHz 2.20 GHz
 RAM : 8.00 GB
 Tipe Sistem : 64-bit operating system, x64-based processor

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Model simulasi

Dalam penerapan simulasi *Monte Carlo*, maka akan mengikuti proses kejadian yang dialami oleh vendor ketika harus melayani dua jenis permintaan yaitu permintaan konsumen harian dan permintaan konsumen untuk kebutuhan bencana, jika terjadi bencana. Oleh karena itu, simulasi akan mengikuti kejadian pada gudang vendor sesuai pada Tabel 1.

Gambar 2. Model simulasi *Monte Carlo* usulan

Tabel 1. Kondisi kejadian yang terjadi di gudang vendor

Deskripsi Kejadian	Tipe Kejadian
Vendor melakukan pemesanan sesuai perencanaan yang telah ditentukan	1
Vendor memeriksa status persediaan di awal periode perencanaan	2
Vendor memisahkan produk kedaluwarsa dari gudang	3
Vendor menghitung ulang persediaan yang tersisa	4
Vendor memproyeksikan status terjadinya bencana pada setiap periode t sepanjang masa perencanaan	5
Vendor memenuhi permintaan bencana jika pada periode t terjadi bencana	6
Vendor membangkitkan permintaan pelanggan harian untuk setiap periode t untuk sepanjang masa perencanaan	7
Vendor memenuhi permintaan pelanggan harian	8
Vendor menghitung sisa persediaan di akhir periode t	9
Vendor memperbarui persediaan untuk periode selanjutnya	10
Menghentikan simulasi setelah 13 minggu	11

Berdasarkan Tabel 1, terdapat 11 kejadian yang dimodelkan secara berurutan. Kejadian diawali dengan vendor melakukan pemesanan sesuai perencanaan yang telah dilakukan oleh vendor. Hal ini dilakukan oleh vendor ketika vendor telah mendapatkan informasi estimasi permintaan yang akan diterima dari semua permintaan. Setelah itu, vendor akan menghitung berapa jumlah persediaan yang tersisa di gudang dan ditambah dengan jumlah persediaan yang baru dikirimkan oleh supplier vendor pada periode t . Untuk memastikan bahwa tidak ada produk kedaluwarsa yang dikirimkan atau digunakan untuk memenuhi permintaan konsumen, maka semua produk kedaluwarsa akan didata dan dikeluarkan dari gudang. Setelah persediaan dihitung ulang, vendor akan melakukan proyeksi apakah pada periode t tersebut terjadi bencana atau tidak, yang artinya jika pada periode t tersebut terjadi bencana, maka permintaan bencana menjadi aktif dan harus dipenuhi sejumlah yang telah disepakati dengan pesanan dari pengelola. Namun, jika tidak terjadi bencana, maka seluruh produk akan digunakan untuk memenuhi permintaan pelanggan harian, setelah vendor melakukan estimasi berapa jumlah permintaan pada periode t tersebut. Dengan demikian, permintaan diprioritaskan untuk memenuhi permintaan bencana di periode t .

Dari 11 kejadian tersebut, terdapat dua kejadian yang memiliki variat random yaitu pada kejadian 5 dan kejadian 7. Pada kejadian 5, variat random berupa probabilitas kejadian bencana dengan distribusi Bernoulli dengan p adalah 0,2. Nilai tersebut berdasarkan kondisi kejadian bencana Gunung Api Merapi tahun 2006 yang mana bencana akan terjadi dalam kurun waktu 24 jam setelah ditetapkan status awas, dalam hal penelitian ini, karena periode perencanaan adalah minggu, maka potensi terjadinya bencana adalah pasti akan terjadi pada satu periode setelah ditetapkan status awas. Sedangkan kejadian pada tahun 2010, bencana Gunung Api Merapi terjadi sekitar 33 hari setelah status awas ditetapkan, atau dalam konversi periode sesuai penelitian ini adalah sekitar 5 minggu. Dengan demikian, probabilitas p ditentukan berdasarkan kemungkinan terjadinya bencana Gunung Api Merapi di kedua periode tersebut yaitu $1/5 = 0,2$.

Variat random pada kejadian 7 adalah berdistribusi normal untuk menentukan jumlah permintaan dari pelanggan harian. Probabilitas dari parameter permintaan pelanggan harian ditentukan berdistribusi normal mengacu pada kondisi riil vendor yang menjadi objek kajian pada penelitian ini. Dari hasil analisis data yang dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab, didapatkan bahwa keempat permintaan produk berdistribusi Normal dengan rata-rata dan standar deviasi tertentu.

3.2 Penentuan Solusi Kebijakan berdasarkan Skenario

Hasil simulasi Monte Carlo yang dilakukan sebanyak 100 iterasi sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2. menunjukkan bahwa total risiko terbesar dihasilkan dari penerapan skenario 1 yaitu dengan asumsi bahwa sepanjang perencanaan tidak terjadi bencana. Melihat probabilitas terjadinya bencana cukup besar yaitu sebesar 0,2, maka skenario ini memiliki risiko yang cukup besar. Berbeda dari skenario 1, skenario 2 memberikan risiko yang lebih kecil yaitu dengan total risiko maksimum sekitar 2 kali lebih rendah jika dibanding ketika skenario pertama diterapkan. Besarnya risiko pada skenario pertama terjadi pada dua biaya yaitu biaya kekurangan, baik untuk permintaan harian maupun permintaan bencana. Sedangkan untuk biaya penyimpanan, risiko terbesar pada skenario 2 yaitu $R = 1$. Sedangkan, biaya kedaluwarsa pada kedua skenario adalah Rp. 0. Hal ini disebabkan karena pada saat awal perencanaan, total persediaan yang ada adalah sebesar 0. Keadaan akan berbeda jika pada awal perencanaan, nilai persediaan di awal tidak sama dengan 0, bisa jadi akan ada produk yang kedaluwarsa. Di sisi lain, karena produk yang datang pada periode t dari supplier vendor adalah dipastikan berusia 1 (artinya, produk tersebut merupakan produk fresh atau baru), maka produk dapat disimpan dalam usia yang cukup lama.

Tabel 2. Perbandingan hasil simulasi *Monte Carlo* sebanyak 100 iterasi.

	Skenario	Biaya Minimum	Biaya rata-rata	Biaya Maksimum
Total Risiko	R = 0	Rp. 350.148*	Rp. 6.657.376*	Rp. 64.412.343*
	R = 1	Rp. 238.478	Rp. 2.679.886	Rp. 29.322.527
Biaya penyimpanan	R = 0	Rp. 81.148	Rp. 496.510	Rp. 558.843
	R = 1	Rp. 238.478*	Rp. 889.656*	Rp. 992.827*
Biaya kekurangan untuk permintaan harian	R = 0	Rp. 269.000*	Rp. 997.964*	Rp. 5.451.700*
	R = 1	Rp. 0	Rp. 433.058	Rp. 3.537.500
Biaya kekurangan untuk permintaan bencana	R = 0	Rp. 0	Rp. 5.162.902*	Rp. 58.401.800*
	R = 1	Rp. 0	Rp. 1.357.172	Rp. 24.792.200
Biaya kedaluwarsa	R = 0	Rp. 0	Rp. 0	0
	R = 1	Rp. 0	Rp. 0	0

* Skenario dengan risiko paling besar

Namun demikian, perencanaan harus selalu dievaluasi di setiap awal periode perencanaan. Hal ini mengingat kejadian bencana sering kali sulit untuk diprediksi, terlebih bagi beberapa bencana yang sifatnya tidak menentu seperti tsunami dan gempa bumi. Pada kasus penelitian ini, dilakukan pada kasus kondisi status bencana gunung api dan diasumsikan pada kondisi awas sehingga penentuan probabilitas cukup mudah dengan melihat kondisi letusan yang pernah terjadi. Sehingga, untuk kasus yang bencana yang lain, penentuan nilai probabilitas harus disesuaikan dengan kondisi aslinya sesuai dengan kejadian bencananya.

Simulasi Monte Carlo dapat memberikan gambaran bagaimana setiap risiko dapat terjadi untuk setiap skenario. Hal ini dapat memberikan *insight* bagi pengambil kebijakan, dalam hal ini adalah vendor, untuk menentukan skenario mana yang paling memungkinkan untuk dijalankan dengan tetap mempertimbangkan risiko seminim mungkin. Sebagai vendor, yang juga harus mempertimbangkan aspek keuntungan ekonomis, sangat penting untuk melakukan evaluasi apakah kemampuan vendor cukup mumpuni dalam melaksanakan kerja sama yang mungkin dilaksanakan dengan organisasi penanggulangan bencana, baik dari instansi pemerintah maupun organisasi masyarakat. Pengelolaan bantuan logistik kebencanaan untuk makanan yang memiliki masa kedaluwarsa merupakan salah satu tantangan tersendiri. Terdapat *trade off* yang harus benar-benar dipertimbangkan dengan matang oleh pemangku kepentingan. Ketika pengelola memutuskan untuk melakukan pengelolaan secara mandiri tanpa melibatkan pihak ketiga atau vendor, maka risiko yang harus dihadapi adalah adanya kekurangan produk ketika pengelola tidak melakukan pengadaan sebelum bencana terjadi. Di sisi lain, jika pengelola melakukan pengadaan sebelum bencana terjadi, maka risiko yang harus dihadapi adalah ketika bencana tidak terjadi, potensi produk tersebut kedaluwarsa dan tidak terpakai sangat tinggi. Oleh karena itu, pengalihan proses manajerial terkait dengan manajemen inventori produk *perishable* menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh organisasi penanggulangan bencana.

Evaluasi risiko sesuai penelitian ini penting untuk dilakukan dalam kaitannya dengan strategi pengelolaan logistik kebencanaan yang matang serta dalam proses mitigasi risiko tidak terpenuhinya kebutuhan pokok pada masa tanggap darurat bencana. Evaluasi ini juga dapat digunakan dalam mengevaluasi kemampuan vendor dalam mengelola risiko yang mungkin harus dihadapi. Dengan demikian, pemilihan vendor menjadi lebih mudah sesuai dengan kebutuhan dalam menyelesaikan permasalahan logistik kemanusiaan dalam rangka mitigasi risiko bencana gunung api.

Kesimpulan dan Saran

Evaluasi risiko ketika penanganan pemenuhan kebutuhan produk *perishable* dilakukan oleh pihak ketiga atau vendor harus dilakukan dengan baik, khususnya oleh vendor itu sendiri. Model simulasi *Monte Carlo* dapat digunakan untuk melakukan mitigasi awal bagi vendor khususnya risiko yang harus dihadapi oleh vendor. Sebagai vendor yang juga harus memperhatikan prinsip ekonomi dan tentunya harus memikirkan keuntungan, maka evaluasi risiko menjadi salah satu hal yang harus dilakukan. Beberapa hal jika vendor ditunjuk oleh pelaku pengelola penanggulangan bencana khususnya dalam menyediakan produk *perishable* yang dilakukan sebelum bencana terjadi (dilakukan dalam rangka mitigasi bencana), dapat dikuantifikasi dalam bentuk biaya diantaranya: biaya penyimpanan yang mungkin membengkak, adanya potensi produk kedaluwarsa, adanya kekurangan persediaan yang tidak dapat dipenuhi untuk semua permintaan, termasuk permintaan untuk konsumen harian serta permintaan untuk bencana. Risiko yang berkaitan dengan permintaan bencana perlu dilakukan evaluasi karena sering kali, harga produk ketika bencana terjadi meningkat akibat dari kelangkaan suplai, oleh karena itu perlu menjadi perhatian. Dengan melakukan evaluasi risiko melalui simulasi Monte Carlo, hal ini juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kemampuan vendor dalam menerima dan mengelola risiko tersebut. Hasil studi kasus pada penelitian ini menunjukkan bahwa untuk meminimalkan risiko, vendor dapat memilih untuk melaksanakan perencanaan dengan menerapkan skenario 2 dengan asumsi bahwa sepanjang periode perencanaan akan terjadi bencana. Hal ini memungkinkan vendor untuk meminimasi risiko khususnya pada biaya kekurangan produk akibat dari tidak terpenuhinya permintaan akibat kekurangan persediaan pada periode t .

Penelitian ini menekankan pentingnya kesiapsiagaan bencana secara proaktif dan pengelolaan sumber daya yang efisien di negara yang rawan aktivitas vulkanik. Dengan mengeksplorasi pendekatan inovatif dalam logistik dan pengendalian inventaris, para pemangku kepentingan dapat meningkatkan kapasitas mereka untuk merespons secara efektif terhadap potensi bencana, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan ketahanan bencana di Indonesia. Saran diberikan kepada vendor yang akan menerapkan kerja sama seperti pada penelitian ini adalah, untuk beberapa kasus bencana, mungkin akan memerlukan analisis dan penelitian lebih lanjut, khususnya model yang digunakan untuk menentukan solusi optimal setiap skenario yang dibangkitkan. Selain itu, penentuan probabilitas bencana perlu disesuaikan kembali berdasarkan karakteristik bencana yang akan dihadapi.

Daftar Pustaka

1. Andreastuti, S., Paripurno, E. T., Gunawan, H., Budianto, A., Syahbana, D., & Pallister, J. (2019). Character of Community Response to Volcanic Crisis at Sinabung and Kelud Volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 298-310.
2. Balcik, B., Bozkir, C. D., & Kundakcioglu, O. (2016). A Literature Review on Inventory Management in Humanitarian Supply Chain. *Surveys in Operations Research and Management Science*, 101 - 116.
3. Banomyong, R., & Sopadang, A. (2010). Using Monte Carlo Simulation to refine emergency logistics response model: a case study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 709-721.
4. BNPB. (2013). Tanggap Darurat 72 Jam Pertama Masa Krisis Penyelamatan Masyarakat Terdampak. Diambil kembali dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana: <https://www.bnpb.go.id/berita/tanggap-darurat-72-jam-pertama-masa-krusial-penyelamatan-masyarakat-terdampak>
5. Daud, M. S., Hussein, M. Z., Nasir, M. E., Abdullah, R., Kassim, R., Suliman, M. S., & Saludin, M. R. (2016). Humanitarian Logistics and Its Challenges: The Literature Review. *International Journal of Supply Chain Management*, 5(3), 107-110.
6. Dokumen Rencana Kontingensi Erupsi Gunung Api Merapi Adaptasi Terhadap Protokol Kesehatan Covid-19 Tahun 2021
7. ESDM. (2024). Tingkat Aktivitas Gunung api . Diambil kembali dari [magma.esdm.go.id: https://magma.esdm.go.id/v1/gunung-api/tingkat-aktivitas](https://magma.esdm.go.id/v1/gunung-api/tingkat-aktivitas)

8. Hamdan, B., & Wang, P. (2019). Advanced Inventory Planning for Humanitarian and Disaster Relief Aids. IIE Annual Conference. Proceedings, *Urbana: Institute of Industrial and System Engineerings (IISE)*, 742-747.
9. Moshtari, M., Altay, N., Heikkila, J., & Goncalves, P. (2021). Procurement in humanitarian organizations: Body of knowledge and practitioner's challenges . *International Journal of Production Economics*, 233, 108017.
10. Oktarina, R., Bahagia, S. N., Diawati, L., & Pribadi, K. S. (2016). Identification of Minimum Standards in Emergency Goods for Earthquake Relief in Indonesia. *Journal of Disaster Research*, 545-551.
11. Peraturan Menteri Sosial Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2013 tentang Bantuan Sosial Bagi Korban Bencana;
12. Virkhansa, C. F., Setiawan, B. D., & Dewi, C. (2019). Klasifikasi Status Gunung Berapi dengan Metode Learning Vector Quantization (LVQ). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(7), 7119-7126.
13. Voyer, J., Dean, M., & Pickles, C. (2015). Understanding Humanitarian Supply Chain Logistics with System Dynamics Modeling. USM Digital Commons (hal. 1-18). Portland: University of Southern Maine.
14. Wassenhove, L. N., & Martinez, A. J. (2010). Using OR to Adapt Supply Chain Management Best Practices to Humanitarian Logistic. *International Transactions In Operational Research*, 307 - 322.
15. Weraikat, D., Zanjani, M. K., & Lehoux, N. (2019). Improving sustainability in a two-level pharmaceutical supply chain through Vendor-Managed Inventory System. *Operations Research for Healt Care*, 44-55.
16. Whybark, D. C. (2007). Issues in managing disaster relief inventories. *International journal of production economics*, 108(1-2), 228-235.